

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

Documentos

ISSN 0103 - 0205
Dezembro, 2007

174

**Ricina: um Impasse para Utilização da
Torta de Mamona e suas Aplicações**



Embrapa



ISSN 0103-0205
Dezembro, 2007

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Algodão

Documentos 174

Ricina: Um Impasse para Utilização da Torta de Mamona e suas Aplicações

Lúcia Vieira Hoffman

Ana Carolina Assis Dantas

Everaldo Paulo de Medeiros

Liv Severino Soares

Campina Grande, PB.
2007

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Algodão

Rua Osvaldo Cruz, 1143 – Centenário
Caixa Postal 174
CEP 58107-720 - Campina Grande, PB
Telefone: (83) 3315-4300
Fax: (83) 3315-4367
algodao@cnpa.embrapa.br
<http://www.cnpa.embrapa.br>

Comitê de Publicações

Presidente: Nair Helena Castro Arriel

Secretária: Nívia Marta Soares Gomes

Membros: Demóstenes Marcos Pedroza de Azevêdo

Everaldo Paulo de Medeiros

Fábio Aquino de Albuquerque

Francisco das Chagas Vidal Neto

João Luiz da Silva Filho

José Wellington dos Santos

Luiz Paulo de Carvalho

Nelson Dias Suassuna

Supervisor Editorial: Nívia Marta Soares Gomes

Revisão de Texto: Lúcia Vieira Hoffman

Tratamento das Ilustrações: Oriel Santana Barbosa

Capa: Flávio Tôres de Moura/Maurício José Rivero Wanderley

Editoração Eletrônica: Oriel Santana Barbosa

1ª Edição

1ª impressão (2007) 1.000 exemplares.

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

EMBRAPA ALGODÃO (Campina Grande, PB)

Ricina: Um Impasse para Utilização da Torta de Mamona e suas Aplicações,
por Lúcia Vieira Hoffman. Campina Grande, 2007

p.25 (Embrapa Algodão. Documentos, 174)

1. Mamona-subproduto-Torta 2. Propriedades I. Hoffman, L.V. II. Dantas,
A.C.A. III. Medeiros, Everaldo Paulo de. IV. Severino, L.S. V. Título. VI. Série.

CDD 633.85

© Embrapa 2007

Autores

Lúcia Vieira Hoffman

Eng. agrôn. D.Sc. da Embrapa Algodão, Rua Osvaldo Cruz, 1143,
Centenário, CEP 58107-720, Campina Grande, PB, E-mail:
hoff@cnpa.embrapa.br

Ana Carolina Assis Dantas

Aluna do Curso de Agronomia - CCA / UFPB, Areias - PB e
Estagiária da Embrapa Algodão E-mail:
anacaroldantas@yahoo.com.br

Everaldo Paulo de Medeiros

Químico Industrial. D.Sc. da Embrapa Algodão, Rua Osvaldo Cruz,
1143, Centenário, CEP 58107-720, Campina Grande, PB, E-mail:
everaldo@cnpa.embrapa.br

Liv Severino Soares

Eng. agrôn. M.Sc. da Embrapa Algodão, Rua Osvaldo Cruz, 1143,
Centenário, CEP 58107-720, Campina Grande, PB, E-mail:
liv@cnpa.embrapa.br

Apresentação

Com o início da promoção do cultivo da mamona como uma das principais alternativas para fornecimento de matéria prima para biodiesel no Brasil, surgiu uma dúvida na população sobre os possíveis efeitos tóxicos dessa planta sobre as pessoas. Como a semente de mamona possui a proteína tóxica chamada ricina, a qual pode até ser usada como arma de guerra biológica, as pessoas se perguntam até que ponto é seguro conviver com plantios dessa oleaginosa e utilizar seus co-produtos.

O presente documento tem o objetivo de esclarecer estas dúvidas, explicando o que é a ricina, como atua, como pode ser eliminada e em que situações especiais poderia trazer algum risco às pessoas. Sabendo-se que a mamona é uma planta comumente encontrada em áreas urbanas do País, em contato direto com pessoas, inclusive crianças, pode-se inferir facilmente que não há riscos em conviver com essa planta. Por outro lado, sempre desejamos que a sociedade esteja bem informada sobre qualquer tema que tenha relação com seu bem-estar e por isso apresentamos este trabalho informativo.

Robério Ferreira dos Santos
Chefe Geral da Embrapa Algodão

Sumário

Ricina: um Impasse para Utilização da Torta de Mamona e suas Aplicações.....	10
Introdução	10
Crescimento da área plantada com mamona.....	12
A importância do biodiesel.....	13
A ricina é uma potente toxina.....	14
Ricina: uma visão molecular.....	16
Ricina como arma contra o Câncer.....	17
A torta de mamona como ração animal.....	18
A torta de mamona como adubo orgânico.....	20
A torta de mamona como nematicida.....	21
A torta de mamona como fonte de energia.....	21
Referências Bibliográficas.....	22

Ricina: um Impasse para Utilização da Torta de Mamona e suas Aplicações

Lúcia Vieira Hoffman

Ana Carolina Assis Dantas

Everaldo Paulo de Medeiros

Liv Soares Severino

Introdução

Na semente da mamona existe uma proteína, a ricina, que é uma das toxinas naturais mais potentes que existem, podendo ser considerada uma arma biológica (MACKINNON, 2000; LINDSEY et al, 2005; LUBELLI et al, 2006). O principal produto da mamona é o óleo, que, em geral, possui 90% de ácido ricinoléico, o qual lhe confere algumas propriedades interessantes como alta solubilidade em etanol e alto poder de lubricidade; constituindo-se em importante fonte para produção de biodiesel e para fabricação de plásticos, de fibras sintéticas, de esmaltes, de resinas e de lubrificantes (FREIRE, 2001). Após a extração do óleo, a ricina fica concentrada na torta, tornando-a inviável para alimentação animal.

A possibilidade de expansão do cultivo desta oleaginosa tem estimulado pesquisas que apresentem soluções para o uso dos co-produtos e/ou subprodutos provenientes da mamoneira, assim, esta revisão de literatura procura lançar luzes sobre as seguintes questões:

- É possível destoxificar a torta para que ela possa servir para alimentação animal?
- Existem outras possibilidades de uso para a torta de mamona?

O mecanismo molecular de atuação da ricina é bastante estudado, o que tem colaborado para um novo e surpreendente uso desta molécula: a morte de células cancerígenas, contanto que seja possível direcionar esta toxina especificamente às células doentes.

Crescimento da área plantada com mamona

A mamona, *Ricinus communis*, é uma planta perene nativa de regiões tropicais e subtropicais do mundo.

De acordo com Savy (2007), a produção mundial de mamona foi cerca de um milhão de toneladas, no período 2000-2004, e, no ano de 2005, 1,4 milhão de toneladas. Os principais produtores são Índia e China, com 60% e 20% da produção mundial, respectivamente. Na América do Sul, os principais produtores são Brasil, com cerca de mais de 100 mil toneladas, em 2005, e Paraguai, com produção entre 10 e 25 mil toneladas.

No Brasil, a produção de mamona está localizada na Região Nordeste, principalmente no estado da Bahia, com cerca de 80% do total de área plantada, como observa-se na Tabela 1 (SAVY, 2007).

Tabela 1. Áreas plantada e colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção de mamona em 2005.

Estado Região	Área plantada (ha)	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (t)	Rendimento médio (kg/ha)	Valor (1.000 R\$)
PB	1653	1642	1499	912	1038
AL	196	100	30	300	21
RN	1494	1469	955	650	457
BA	188777	182459	132324	725	74324
PE	9500	8696	4270	491	2480
CE	14050	14050	9765	695	5202
PI	11398	11316	5175	457	2944
Total Região Nordeste	227 068	219 732	154 018	700	86 447
BRASIL	242057	230911	168802	731	96440

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Produção Agrícola Municipal, 2007.

Por ser resistente à seca e poder ser semeada em diferentes tipos de solo e altitudes, tendo seu ótimo ecológico em altitudes entre 300 a 1500 metros, além de alto teor de óleo, a mamona tem sido considerada como possível estratégia de promoção de desenvolvimento social no campo, aproveitando áreas agrícolas com potencialidades restritas e geração de renda por agricultores destas regiões (FRAGOSO, 2006).

A importância do biodiesel

O biodiesel é definido como ésteres monoalquílicos derivados de ácidos graxos de origem animal ou vegetal (KNOTHE et al., 2005) e pode substituir, em curto e médio prazos, o óleo diesel derivado do petróleo - petrodiesel (CHIERICE, 2001). Encontra-se registrado na "Environment Protection Agency - EPA - USA" como combustível e como aditivo para combustíveis; pode ser usado puro, em mistura com o diesel de petróleo ou numa proporção baixa como aditivo de 1 a 5 % (FERRARI, 2005). A combustão do petrodiesel nos caminhões, nos carros e nas indústrias causa grande poluição, enquanto o biodiesel gera gases menos tóxicos, pois possibilita uma maior redução de gases poluentes - até 53% de monóxido de carbono, 78% de dióxido de carbono (principal gás responsável pelo efeito estufa) e 68% do material particulado (fumaça preta).

Ecologicamente correto, este combustível promove a reversão do efeito estufa, pois as plantas capturam CO_2 emitido pela queima do biodiesel (PENIDO, 2007). De acordo com Parente (citado por AMORIM et al., 2007), a quantidade de biodiesel produzida em um hectare de mamona emite uma tonelada de CO_2 , enquanto esta plantação absorve até oito toneladas deste gás da atmosfera. Este biodiesel destaca-se também por ser atóxico, não nocivo, de baixa inflamabilidade e por se biodegradável no meio ambiente, não provoca danos ecológicos, em caso de vazamentos. Por não conter enxofre em sua composição, não contribui para a chuva ácida, e, conseqüentemente, reduz a emissão SO_4^{-2} e NO_3^{-1} à atmosfera (PENIDO, 2007).

A ricina é uma potente toxina

Um dos problemas associados ao cultivo de mamona é a presença de proteínas tóxicas encontradas no endosperma das suas sementes, das quais a principal é a ricina. (JACKSON et al, 2006).

A ricina é venenosa a humanos, animais e insetos (LER, et al, 2006); foi nomeada por Stillmark, em 1888, quando testou o extrato de mamona em células vermelhas de sangue e observou que se aglutinaram. Hoje, sabe-se que a aglutinação se deve a outra toxina presente no endosperma da mamona, a aglutinina, também chamada RCA (do inglês: *Ricinus communis* agglutinin), ou RCA 120, como referência à sua massa molecular, de 120Da. Esta proteína é uma lectina potente (proteínas com sítios de ligação a açúcares) e, de acordo com Jackson et al (2006), apesar de distinta da ricina - pois não tem atividade citotóxica direta -, tem afinidade pelas células vermelhas do sangue, causando aglutinação e hemólise subsequentes. Embora a ricina (também conhecida como RCA 60, por ter 60 kDa) seja uma citotoxina potente é um hemaglutinante fraco, contrastando com a RCA que é uma citotoxina fraca e um hemaglutinante poderoso. Ela também é chamada Ricinus communis agglutinin II e poderia ser usada como uma arma de bioterrorismo de grande poder letal (PINKERTON et al, 1999).

A molécula da ricina compõem-se de duas subunidades: a cadeia A, citotóxica e a cadeia B, receptor-ligação (lectina), unidas por uma única ligação covalente de dissulfeto (-S-S-) (JACKSON et al., 2006; OSTIN et al, 2007), como observa-se na Figura 1. O efeito tóxico deve-se à habilidade de inativar os ribossomos eucarióticos específica e irreversivelmente, promovendo a morte das células pela inibição da síntese de proteína.

As duas cadeias juntas constituem uma das citotoxinas mais potentes da natureza, considerando que nenhum efeito tóxico é conhecido para as cadeias isoladas.

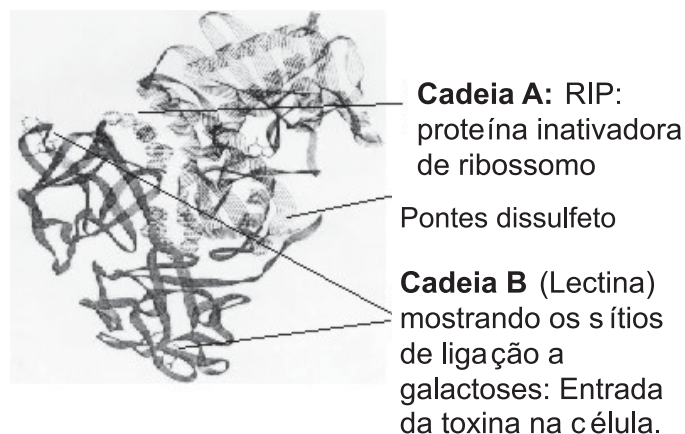


Fig. 1. Estrutura da ricina (Lord et al. citado PATOCKA, 2007), destacando-se as cadeias A e B. A metade direita superior é a cadeia A e a metade esquerda inferior é a cadeia B, as pontes dissulfeto e o local onde ocorre a ligação da galactose.

De acordo com JACKSON et al (2006), o envenenamento por ingestão da semente da mamona é provocado pela ricina, não pela RCA 120, pois esta não penetra a parede intestinal nem afeta as células vermelhas do sangue, a não ser por injeção intravenosa. Se a RCA for injetada no sangue, as células vermelhas do sangue irão se aglutinar e estourar através de hemólises.

Os sintomas imediatos da intoxicação por ricina são dores abdominais e vômitos. Em alguns dias ocorre desidratação severa, com decréscimo da produção de urina e diminuição da pressão sanguínea. A vítima usualmente recupera-se quando não ocorre morte entre três e cinco dias (DOAN, 2005).

Segundo Lubelli et al. (2006), por causa de seus efeitos extremos, crescentes preocupações surgiram sobre a possibilidade de abusar destes agentes como armas de guerra. No passado, a ricina foi usada para propósitos suicidas e homicidas. Em 1978, durante a Guerra Fria, Georgi Markov, escritor e jornalista búlgaro, que vivia em Londres, morreu após

ser atacado por um homem que injetou ricina em seu organismo (MACKINNON, 2000; LINDSEY et al, 2005; SEVERINO, 2005; LUBELLI et al, 2006). Há relatos de que a substância também foi usada na Guerra Irã-Iraque, durante os anos 80. Mais recentemente, em janeiro de 2003, suspeitos de terrorismo foram presos por estarem purificando ricina em um apartamento de Londres (LUBELLI et al., 2006).

Ricina: uma visão molecular

A ricina é uma glicoproteína de elevada toxidez que consiste em duas cadeias unidas por uma única ligação de dissulfeto. A cadeia A da ricina tem cerca de 32.000 daltons e a cadeia B, cerca de 34.000 daltons, totalizando, na proteína nativa, cerca de 66KDa; alguns autores referenciam-se à ricina também como de duas subunidades, porém sendo ambas com 32 KDa (PINKERTON et al, 1999; JACKSON et al, 2006). A cadeia B é uma lectina, que se liga a carboidratos da superfície da membrana da célula, desencadeando um processo de endocitose que culmina na entrada da cadeia A no citosol (interior da célula), representado na Figura 2 (LER et al., 2006). A cadeia A é incapaz de entrar na célula e, assim, isoladamente não é tóxica. Além disso, ela tem atividade enzimática de glicosidase e provoca alteração no RNA ribossômico 28 S, de forma que esta não pode mais realizar a síntese de proteínas. Neste caso, uma única molécula da cadeia A é suficiente para matar uma célula.

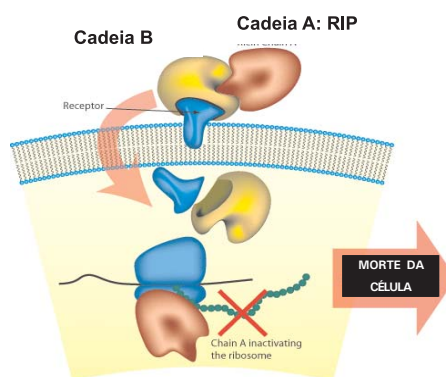


Fig. 2. Penetração da Cadeia A na célula e bloqueio da síntese de proteínas.
Fonte: Statens Serum Institut.

Ricina como arma contra o Câncer

A cadeia A (tóxica) pode ser separada da cadeia B ("transportadora") e, então, pode ser unida por uma ligação de dissulfeto a outras proteínas, como anticorpos. Estas moléculas híbridas (anticorpos-toxina) podem ser usadas para matar células específicas. O reconhecimento de células específicas é realizado por meio de moléculas de anticorpo (PINKERTON et al, 1999).

Anticorpos são moléculas (glicoproteínas) formadas para reconhecimento de moléculas específicas, sendo esta, uma das funções do sistema imunológico. A molécula específica reconhecida pelo anticorpo, normalmente uma proteína, é chamada antígeno. Moléculas de anticorpo diferentes são formadas como mecanismos de defesa para diferentes moléculas invasoras ou estranhas ao organismo (MURRAY et al., 2000). Em algumas doenças, chamadas doenças auto-imunes, os anticorpos são produzidos contra moléculas do próprio organismo, por exemplo, como no caso do Lupus.

Existem vários usos biotecnológicos para os anticorpos e uma variedade de procedimentos analíticos. Um deles é a técnica de ensaio enzima ligada ao imunoabsorvente, conhecida como ELISA (do inglês: Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay). Esta técnica permite a rápida seleção e quantificação da presença de um antígeno em uma amostra. Para sua execução, uma substância (antígeno) é injetada em algum animal, como coelhos, cabras ou cavalos. Como os anticorpos são abundantes no sangue, retira-se parte do sangue do animal; após sua coagulação, resta o soro sangüíneo, que contém grande número de anticorpos os quais reconhecem a substância estranha (anti-soro). Neste caso, diferentes anticorpos serão produzidos, porque reconhecem diferentes partes (epitopos) do antígeno, sendo por isso chamados de anticorpos policlonais.

Embora sendo um veneno muito potente, a ricina foi usada em pesquisa de câncer e quimioterapia. As moléculas híbridas anticorpo-toxina podem ser chamadas de imunotoxinas. Para que elas se direcionem especificamente às células cancerígenas, é necessário que o anticorpo tenha sido produzido para reconhecimento de antígenos presentes somente nestas células, ou seja marcadores de tumor.

Para que as imunotoxinas sejam precisas no reconhecimento apenas de células cancerígenas, elas deverão ser formadas com o uso de anticorpos monoclonais (VITETTA, 2006) e não policlonais como descrito anteriormente. A produção de anticorpos policlonais requer técnicas avançadas. Eles são produzidos *in vitro*, não em animais, a partir de uma única célula produtora de anticorpo clonada por meio da fusão desta com uma célula que tenha grande potencialidade de reprodução *in vitro*.

De acordo com Vitetta (2006), os anticorpos são produzidos *in vitro* e têm locais de receptor de proteína que reconhecem as células designadas específicas de um tumor. Armandando estes anticorpos com ricina, a toxina letal pode ser levada diretamente para o local do tumor em um paciente com câncer. Assim, as cadeias A da ricina podem destruir as células do tumor, sem danificar outras células no paciente. Em relação aos efeitos colaterais prejudiciais de terapias de câncer atuais e outras terapias para infecção viral, como HIV; as imunotoxinas oferecem uma alternativa promissora. Elas são a "bala" mágica como o imunologista Paul Ehrlich denominou em 1900, um agente terapêutico que pudesse ser empregado diretamente em células anormais sem muito efeito nas células saudáveis (VITETTA, 2006).

Ler et al (2006) mostra que para descobertas com propósito de tratamento médico, há uma necessidade de se dispor de métodos para quantificação de ricina.

A torta de mamona como ração animal

O resíduo da prensagem das sementes, após a extração de óleo, chamada de torta, poderia ser utilizado como ração animal e, assim, agregar valor comercial à mamona (OLIVEIRA, 2007). Para cada tonelada de sementes de mamona processada estima-se que sejam gerados 530 Kg de torta (SEVERINO, 2005). A torta poderia ser utilizada após moída para obtenção do farelo, aproveitando o alto teor de proteínas em rações (RIBEIRO; ÁVILA, 2006). Todavia, o seu uso como alimento animal não tem sido possível devido à presença de elementos tóxicos e alergênicos na sua composição e da falta de tecnologia economicamente viável em nível industrial para seu processamento. Em escala experimental, no entanto, sua destoxificação é facilmente obtida por tratamentos térmicos e

químicos. Uma torta de mamona destoxificada chamada Lex Protéico já foi comercializada no Brasil na década de 60 pela empresa SANBRA. No entanto, o processo de produção foi suspenso pela dificuldade no controle da eficiência do processo de destoxificação, que ocasionava a liberação de lotes do produto ainda tóxicos que poderiam causar a morte de animais (SEVERINO, 2005).

Existem diversos métodos para promover a destoxificação e a desalergenização da torta da mamona, usando processos físicos e químicos (RIBEIRO; ÁVILA, 2006). Os dados da literatura relativos à remoção de ricina da torta de mamona por tratamento físico e por tratamentos químicos são detalhados nas Tabelas 2 e 3.

Os tratamentos com agentes químicos são mais eficientes que aqueles que empregam aquecimento para destoxificação da torta de mamona.

Uma maneira ainda mais eficaz de eliminar a ricina da mamona é por meio do melhoramento genético, selecionando sementes com menor teor da toxina, por melhoramento tradicional ou mesmo por transgenia. Entretanto, isto pode trazer problemas agrônômicos à cultura, como a possibilidade de maior susceptibilidade da planta ao fungo *Fusarium* e a certas pragas comuns à cultura (FREIRE, 2001).

Tabela 2. Tratamentos físicos para remoção da ricina (ANANDAN et al., 2005).

Agente	Concentração	Tempo	Remoção (%)
Embebição em água	10 L de água	3 h	65
		6 h	86
		12 h	84
Aquecimento com vapor	150 g de água (passagem de vapor)	30 min	73
		60 min	85
Ebulição	10 L de água (fervura a 100°C)	30 min	90
		60 min	91
Autoclavagem (1,05 atm)	15 psi	30 min	85
		60 min	100
Forno de ar quente	100°C	30 min	52
	120°C	25 min	50

Tabela 3. Tratamentos químicos para remoção da ricina (ANANDAN et al., 2005).

Agente	Concentração	Tempo	Remoção (%)
NaOH	0,38 mol/L	8 horas	86
	0,75 mol/L		91
NaCl	0,25 mol/L		82
	0,50 mol/L		86
	1,00 mol/L		91
Ca(OH) ₂	10,00 g/kg		67
	20,00 g/kg		68
	40,00 g/kg		100
Formaldeído	5,00 g/kg	7 dias	39
	10,00 g/kg		81
Amônia	7,50 g/kg	7 dias	51
	12,50 g/kg		59

A torta de mamona como adubo orgânico

Tradicionalmente, este subproduto tem sido utilizado como adubo orgânico, devido o alto teor de nitrogênio. Seu uso como insumo agrícola é precioso pelo provimento de matéria orgânica ao solo e nutrientes às culturas, bem como pelo seu efeito nematicida, diminuindo o uso de produtos agro-químicos poluentes. Também tem significativo efeito na capacidade de regeneração de solos degradados, por conter cerca de 89% de matéria orgânica (SAVY, 2007). De acordo com Lima et al (2006), a torta de mamona utilizada como adubo orgânico na planta de mamona da linhagem CSRN 393, propiciou aumento em todas as características de crescimento, de forma proporcional à dose fornecida. A área foliar, por exemplo, aumentou de 342,45 para 1.024,85 cm² em função do aumento de 0,5 para 2,0 t/ha da torta de mamona. A matéria seca total aumentou de 9,78 para 24,63 g entre a maior e a menor dose. A torta de mamona apresentou boas características para uso como adubo orgânico, principalmente devido ao alto teor de nitrogênio.

A mineralização da torta de mamona também é muito mais rápida que a do esterco bovino e do bagaço de cana, segundo resultados obtidos por Severino (2004), o que permite maior liberação de nutrientes que outros materiais, mas uma menor disponibilização quando comparado com fertilizantes químicos.

A decomposição mais rápida da matéria orgânica, provavelmente, ocorre devido aos altos teores de nitrogênio, fósforo e potássio presentes na torta, além de condições ótimas para a atividade microbiana: alta umidade, boa aeração e temperatura em torno de 28 °C (SEVERINO et al., 2004).

A torta de mamona como nematicida

A torta de mamona tem efeito nematicida, sendo assim alternativa de baixo custo aos agrotóxicos que podem causar danos ao operador e ao meio ambiente. Estudos sugerem o uso da torta de mamona como produto alternativo na redução da população de nematóides no solo. De acordo com Dutra et al (2006) em cafeeiros irrigados a aplicação da torta de mamona no controle de nematóide pode ser atribuída, provavelmente, aos seguintes efeitos: ação do complexo ricina-ricinina presente na torta de mamona, que pode ter toxicidade aos nematóides; ação nutricional promovida pela torta de mamona; ou ainda pela ação conjunta desses efeitos. Mas estes resultados necessitam ser complementados com estudos específicos para a elucidação dos mecanismos bioquímicos, fisiológicos e citológicos dos componentes da torta de mamona na redução dos nematóides. Em tomateiro também verificou-se a eficiência da torta no combate do nematóide *Nacobbus aberrans* sendo o efeito atribuído à liberação de compostos tóxicos e da lectina, da ricina e da ricina aglutinina (NAVARRO et al., 2002).

A torta de mamona como fonte de energia

O aproveitamento da torta de mamona para fins energéticos foi avaliado por Drummond et al (2006), o qual verificou que este produto possui poder calorífico de 4.500 Kcal Kg⁻¹. Comparado com outras tortas de oleaginosas

do Programa Brasileiro de Biodiesel, o poder calorífico da torta de mamona é similar ao do dendê e superior ao do girassol e da soja. O poder calorífico de outros resíduos e materiais vegetais, vastamente utilizados no estado de Pernambuco como fontes alternativas de energia, são: bagaço de cana de açúcar ($2.300 \text{ Kcal Kg}^{-1}$), casca de coco ($3.500 \text{ Kcal Kg}^{-1}$), lenha ($2.700 \text{ Kcal Kg}^{-1}$), serragem ou cavaco de madeira ($2.400 \text{ Kcal Kg}^{-1}$) e eucalipto ($4.600 \text{ Kcal Kg}^{-1}$). Claramente, pode-se observar que o potencial energético da torta de mamona destaca-se como resíduo de alto poder calorífico, superior ao de outros materiais que são utilizados em fornos e caldeiras industriais no estado de Pernambuco, ficando equiparado com o valor energético do eucalipto. O elevado poder calorífico deste resíduo torna-o promissor como fonte alternativa de energia para fornos e caldeiras industriais (DRUMMOND et al., 2006).

Referências Bibliográficas

- ANANDAN, A.; KUMAR, G. K. A.; GHOSH, J.; RAMACHANDRA, K. S. Effect of different physical and chemical treatments on detoxification of ricin in castor cake. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.120, n. 1-2, p.159-168, 2005.
- AMORIM, C.; NOGUEIRA, P.; JUSTE, M. **O petróleo sai de cena**. Disponível em: <<http://www.anbio.org.br/bio/biotec144.htm>> . Acesso em: 10 jun. 2007.
- CHIERICE, G. O.; NETO, S. C. Aplicação Industrial do óleo. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. cap. 5, p. 89-118.
- DOAN, L. G. Ricin: mechanism of toxicity, clinical manifestations, and vaccine development. **Journal of Toxicology-Clinical Toxicology**, New York, v. 42, n.2, p. 201-208, 2005.
- DRUMMOND, A. R. F. ;GAZINEU, M. H. P.; DOBBIN, M. H. ; ALMEIDA, L. M.; MAIOR, A. M. S. Produção e valor energético da torta de mamona do agreste pernambucano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006, Aracaju, SE. **Cenário Atual e Perspectivas: anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão. 2006. não paginado.

DUTRA, M. R, PAIVA, B. R. T. L.; MENDONÇA, P. L. P.; GONZAGA, A.; CAMPOS, V. P.; NETO, P. C.; FRAGA, A. C. Utilização de silicato de cálcio e torta de mamona no controle do nematóide *meloidogyne exigua* em cafeeiro irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006, Aracaju, SE. **Cenário Atual e Perspectivas: anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão. 2006. não paginado.

FERRARI, R. A; OLIVEIRA, V. S.; SCARBIO, A. Biodiesel de soja: taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização, fisicoquímica e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 19-23, 2005.

FRAGOSO, J. H. **A importância da produção do biodiesel para o Brasil.**

Disponível em: < <http://www.gabmilitar.ma.gov.br/pagina.php?IdPagina=704-24k> > . Acesso em: 29 jun. 2007.

FREIRE, R. M. M. Ricinoquímica. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. cap. 13, p. 296-335.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/> > . Acesso em: 27 de jun. de 2007.

JACKSON, L. S.; TOLLESON, W. H.; CHIRTE, S. J. Thermal inactivation of ricin using infant formula as a food matrix. **The Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington v.54, n. 19, p. 7300-7304, 2006.

KNOTHE, G.; STEIDLEY, K.R. Kinematic viscosity of biodiesel fuel components and related compounds influence of compound structure and comparison to petrodiesel fuel components. **FUEL**, London, v. 84, n. 9, p. 1059-1065, 2005.

LER, S. G.; LEE F. K.; GOPALAKRISHNAKONE, P. Trends in detection of warfare agents - Detection methods for ricin, staphylococcal enterotoxin B and T-2 toxin. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 1133, n. 1-2, p.1-12, 2006.

LIMA, R. L. S.; SEVERINO, L. S.; ALBUQUERQUE, R. C.; BELTRÃO, N. E. M. . Avaliação da casca e da torta de mamona como fertilizante orgânico. n: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006, Aracaju, SE.

Cenário Atual e Perspectivas: anais... Campina Grande: Embrapa Algodão. 2006. não paginado.

LINDSEY, C. Y.; TEMPLETON, J. G. P.; MILLARD, C. B.; WANNERMACHER, R. W.; HEWETSON, J. F. Validation of ELISA for the determination of anti-ricin immunoglobulin G concentration in mouse sera. **Biologicals**, London, v. 34, p. 33-41, 2005.

LUBELLI, C.; CHATGILIALOGLU, A.; BOLOGNESI, A.; STROCCHI, P.; COLOMBATTI, M.; STIRPE, F. Detection of ricin and other ribosome-inactivating proteins by an immuno-polymerase chain reaction assay. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 355, n. 1, p. 102-109, 2006.

MACKINNON, P. J ; ALDERTON, M. R. An investigation of the degradation of the plant toxin, ricin, by sodium hypochlorite. **Toxicon**, Elmsford, v. 38, p. 287-291, 2000.

MURRAY, P. R.; ROSENTHAL, K. S.; KOBAYASHI, G. S.; PFALLER, M. A. A Resposta Imune Humoral. In: JAWETZ, E.; MELNICK, J. L.; ADELBERG, E. A. **Microbiologia médica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. cap. 12. p. 76- 83.

NAVARRO, F. F.; VERA, I. C. D.; MEJIA, E. Z.; GARCIA, P. S. Aplicación de enmiendas orgánicas para el manejo de nematodos en tomate. **Nematropica**, Bradenton, v. 32, n. 2, 2002.

OLIVEIRA, L. B; COSTA, A. O. **Biodiesel**: uma experiência de desenvolvimento sustentável. Disponível em: < www.ivig.coppe.ufrj.br/pbr/proj_biodiesel.html. > Acesso em: 9 jan. 2007.

OSTIN, A.; BERGSTRO, T; FREDRIKSSON, S. A. NILSSON, C. Solvent-assisted trypsin digestion of ricin for forensic identification by LC-ESIMS/MS. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 79, n. 16, p. 6271-6278, 2007.

PATOCKA, J. **Abrin and Ricin - two dangerous poisonous proteins.**

Disponível em: <<http://www.asanltr.com/newsletter/01-4/articles/Abrin&Ricin Rev.htm> . > Acesso em: 29 jun. 2007.

PENIDO, H. R. **Biodiesel**: debates e propostas. A inclusão social, a preservação ambiental e os ganhos econômicos. Disponível em: <<http://pjus2.uol.com.br/doutrina/texto.asp?id=6702-59k>> . Acesso em: 10 jun. 2007.

PINKERTON, S. D.; ROLFE, R.; AULD, D. L.; GHETIE, V.; LAUTERBACH, B. F. Selection of castor for divergent concentrations of ricin and Ricinus Communis Agglutinin. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 2, p. 353-357, 1999.

RIBEIRO, N. M.; AVILA, F. D. F. Métodos para desintoxicação de tortas de oleaginosas. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2007, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: MCT/ABIPTI, 2007. , v. 1, p.34-37, 2006.

SAVY, F. A. **Mamona (Ricinus communis)** - desenvolvimento de tecnologia de produção, 2007. (PRÊMIO PÉTER MURÁNYI).

SEVERINO, L. S. **O que sabemos sobre a torta de mamona**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. (Embrapa Algodão. Documentos, 136).

SEVERINO, L. S.; COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. M.; LUCENA M. A.; GUIMARÃES, M. M. B. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 5, n. 1, 2004. não paginado.

STATENS SERUM INSTITUT. **Ricin antibodies**. Disponível em: <<http://www.ssi.dk/sw11845.asp>.> Acesso em: 15 jun 2007.

VITTETA, E. **Biomedical and biodefense uses for ricin**. Disponível em: <<http://www.actionbioscience.org/newfrontiers/vitetta.html>.> Acesso em: 8 mar. 2006.



**Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento**

